

Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору

Утверждено приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 7 декабря 2020 г. № 502.

# Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии. РБ-167-20

*Введено в действие с 7 декабря 2020 г.*

*© Москва 2020.*

## Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии». РБ-167-20

Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии» (РБ-167-20) (далее — Руководство по безопасности) разработано в соответствии с требованиями пунктов 3.12, 18.4 приложения № 3 к федеральным нормам и правилам в области использования атомной энергии «Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности блока атомной станции с реактором типа ВВЭР» (НП-006-16), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13 февраля 2017 г. № 53 (зарегистрирован Минюстом России 10 мая 2017 г., регистрационный № 46663), пунктов 4, 5, 8, 21, 22, 36 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции» (НП-017-18), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 5 апреля 2018 г. № 162 (зарегистрирован Минюстом России от 4 мая 2018 г., регистрационный № 50977), а также пункта 2.2 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Требования к обоснованию возможности продления назначенного срока эксплуатации объектов использования атомной энергии» (НП-024-2000), утвержденных постановлением Федерального надзора России по ядерной и радиационной безопасности от 28 декабря 2000 г. № 16.

Руководство по безопасности содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по организации, целям, объемам, составу и структуре работ по обследованию технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений объектов использования атомной энергии для оценки остаточного ресурса зданий и сооружений.

Руководство по безопасности предназначено для применения:

- организациями, выполняющими обследования, готовящими материалы обоснования безопасности для получения лицензии на продление эксплуатации объектов использования атомной энергии;
- специалистами Ростехнадзора, осуществляющими экспертизу материалов по обоснованию безопасности объектов использования атомной энергии.

Руководство по безопасности выпускается впервые.

Разработаны в ФБУ «НТЦ ЯРБ» при участии Есенова А. В., Кузьминова А. В., Родина П. А., Сидорова Н. М., Югай Т. З. При разработке учтены замечания и предложения 5 Управления Ростехнадзора, 6 Управления Ростехнадзора, Волжского МТУ по надзору за ЯРБ Ростехнадзора, АО «Концерн Росэнергоатом», АО «АТОМПРОЕКТ», АО «ВНИИАЭС».

# Оглавление

I. Общие положения .....	5
II. Общие рекомендации по оценке остаточного ресурса .....	6
III. Анализ технической документации .....	8
IV. Проведение мониторинга .....	9
V. Проведение обследования .....	10
Обследование технического состояния оснований и фундаментов .....	11
Обследование несущих железобетонных и бетонных конструкций .....	15
Обследование несущих металлических конструкций .....	18
Обследование каменных и армокаменных конструкций .....	19
Обследование антикоррозионной защиты .....	20
VI. Анализ повреждений и параметров технического состояния объекта .....	21
VII. Поверочные расчеты конструкций и их элементов .....	23
VIII. Оценка остаточного ресурса строительных конструкций .....	25
IX. Принятие решения о возможности дальнейшей эксплуатации объекта .....	28
X. Оформление результатов работы .....	29
XI. Рекомендации по определению факторов, влияющих на скорость деградации прочностных характеристик и работоспособное состояние строительных конструкций объектов использования атомной энергии .....	31
Факторы, влияющие на коррозию строительных материалов .....	32
133. Факторы, вызывающие различные виды коррозии металлов: .....	32
134. Факторы, влияющие на скорость коррозионного процесса .....	33
XII. Сведения о группах строительных конструкций в зависимости от факторов, определяющих скорость деградации прочностных характеристик .....	34
XIII. Алгоритм определения остаточного ресурса зданий, сооружений и строительных конструкций объектов использования атомной энергии в зависимости от факторов, определяющих скорость деградации прочностных характеристик .....	35
Приложение № 1 .....	36
Список сокращений .....	36
Приложение № 2 .....	37
Термины и определения .....	37
Приложение № 3 .....	39
Рекомендации по оценке технического состояния несущих бетонных и железобетонных конструкций по внешним признакам .....	39

Приложение № 4.....	41
Рекомендации по оценке технического состояния несущих металлических конструкций по внешним признакам .....	41
Приложение № 5.....	42
Рекомендации по оценке технического состояния несущих каменных конструкций по внешним признакам .....	42
Приложение № 6.....	44
Оценка категорий технического состояния строительных конструкций ЗИС.....	44
Приложение № 7.....	45
Рекомендации по оценке остаточного ресурса зданий, сооружений и строительных конструкций объектов использования атомной энергии .....	45
Приложение № 8.....	47
Рекомендации по оценке остаточного ресурса строительных конструкций ЗИС по изменению прочностных свойств бетона во времени .....	47
Приложение № 9.....	49
Рекомендации по расчету остаточного ресурса по статической прочности строительных конструкций ЗИС.....	49
Приложение № 10.....	51
Периодичность обследований и наблюдений.....	51
Приложение № 11.....	52
Список групп строительных конструкций и перечень контролируемых определяющих параметров в зависимости от факторов, влияющих на деградацию прочностных характеристик.....	52

## I. Общие положения

---

1. Руководство по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии» (РБ-167-20) (далее — Руководство по безопасности) разработано в соответствии с требованиями пунктов 3.12, 18.4 приложения № 3 к федеральным нормам и правилам в области использования атомной энергии «Требования к содержанию отчета по обоснованию безопасности блока атомной станции с реактором типа ВВЭР» (НП-006-16), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13 февраля 2017 г. № 53 (зарегистрирован Минюстом России 10 мая 2017 г., регистрационный № 46663), пунктов 4, 5, 8, 21, 22, 36 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Основные требования к продлению срока эксплуатации блока атомной станции» (НП-017-18), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 5 апреля 2018 г. № 162 (зарегистрирован Минюстом России от 4 мая 2018 г., регистрационный № 50977), а также пункта 2.2 федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Требования к обоснованию возможности продления назначенного срока эксплуатации объектов использования атомной энергии» (НП-024-2000), утвержденных постановлением Федерального надзора России по ядерной и радиационной безопасности от 28 декабря 2000 г. № 16.
2. Руководство по безопасности содержит рекомендации Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору по организации, целям, объемам, составу и структуре работ по обследованию технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений объектов использования атомной энергии для оценки остаточного ресурса зданий и сооружений.
3. Действие настоящего Руководства по безопасности распространяется на деятельность в области использования атомной энергии, связанную с продлением назначенного срока эксплуатации объектов использования атомной энергии.
4. Настоящее Руководство по безопасности предназначено для применения организациями, выполняющими обследования, готовящими материалы обоснования безопасности для получения лицензии на продление эксплуатации, и специалистами Ростехнадзора, осуществляющими экспертизу материалов по обоснованию безопасности объектов использования атомной энергии.
5. Список сокращений приведен в приложении № 1, термины и определения приведены в приложении № 2 к настоящему Руководству по безопасности.
6. К обследованию рекомендуется привлекать специализированные организации, имеющие лицензию Ростехнадзора на проведение соответствующих видов работ.
7. К СК ЗиС ОИАЭ, рассматриваемым в настоящем Руководстве по безопасности, рекомендуется относить несущие и ограждающие железобетонные (монолитные, сборные и сборно-монолитные), бетонные, каменные и армокаменные, и металлические (металлические фермы, колонны, ригели, облицовки) СК.

## II. Общие рекомендации по оценке остаточного ресурса

8. Оценку остаточного ресурса рекомендуется проводить с целью определения возможности, условий и сроков дальнейшей эксплуатации ЗиС.

9. Оценку технического состояния СК ЗиС рекомендуется осуществлять по параметрам технического состояния, обеспечивающим его надежную и безопасную эксплуатацию в соответствии с проектной документацией, а остаточный ресурс — по определяющим параметрам технического состояния СК ЗиС. В качестве последних рекомендуется принимать параметры, изменение которых (в отдельности или в некоторой совокупности) может привести ОИАЭ в предельное состояние.

10. В зависимости от критериев предельного состояния и условий эксплуатации объекта параметрами его технического состояния могут служить:

- физико-механические характеристики материалов СК (механические характеристики — предел текучести, предел прочности, твердость, трещиностойкость, пределы выносливости, длительной прочности, ползучести, плотность, водонепроницаемость, морозостойкость, огнестойкость, виброизоляция);
- физико-механические характеристики грунтов основания;
- параметры, характеризующие деформативность, несущую способность (деформационные и прочностные характеристики грунтов основания);
- формы и амплитудные параметры деформированного состояния конструкций;
- фактически действующие постоянные и временные нагрузки;
- отклонения от проектных значений геометрии конструкций;
- расчетные коэффициенты запасов прочности (по пределу текучести, прочности, длительной прочности, ползучести, трещиностойкости, устойчивости, по числу циклов или напряжениям при расчетах на циклическую прочность);
- технологические показатели (температура, давление, параметры вибрации, влажность, агрессивность среды, режимы работы).

11. Оценку параметров технического состояния (в том числе и определяющих параметров) рекомендуется проводить по результатам анализа технической документации, проведения обследования и оперативной диагностики, анализа механических свойств и повреждений СК и грунтов оснований ОИАЭ.

12. В случае, если при использовании КИА контролируется характеристика определяющих параметров, указанных в пункте 10 настоящего Руководства по безопасности, рекомендуется вводить понятие двух уровней критериальных значений диагностических показателей состояния СК ЗиС ( $K_1$  и  $K_2$ ) для конструкций, в которых предусмотрена установка КИА, работающей в постоянном режиме:

$K_1$  — критерий, определяемый при действии нагрузок, действующих на момент проведения измерений, по фактическим характеристикам материалов конструкций;

$K_2$  — критерий, определяемый с учетом нагрузок в сочетании с особыми нагрузками, отсутствующими при определении  $K_1$ .

13. Количественные значения диагностических показателей  $K_1$  и  $K_2$  рекомендуется устанавливать на основе расчетов и оценок реакции ЗИС при основных (НУЭ), особых (НУЭ + особое воздействие) и других сочетаниях нагрузок (например, НУЭ и нагрузки испытательного режима).
14. Значения критериев диагностических показателей, а также уровень безопасности СК ЗИС рекомендуется определять преимущественно в детерминистической (расчетной) форме.
15. Первый уровень  $K_1$  является предупреждающим, а его превышение сигнализирует о наступлении ограниченно работоспособного состояния СК ЗИС, что требует принятия оперативных мер по приведению СК ЗИС в работоспособное состояние.
16. Превышение второго уровня  $K_2$  критериальных значений свидетельствует о предаварийном или аварийном состоянии СК ЗИС и требует ввода ограничений на режим их эксплуатации, проведение срочного специального обследования, принятия оперативных мер по приведению СК ЗИС в работоспособное состояние.
17. Проведение оперативной оценки эксплуатационного технического состояния СК и безопасности ЗИС по данным КИА рекомендуется осуществлять специализированной организацией путем сравнения вычисленных на основе измерений количественных диагностических показателей с критериями  $K_1$  и  $K_2$ , а также с прогнозируемым интервалом изменения диагностических показателей.

### III. Анализ технической документации

---

18. При анализе технической документации рекомендуется установить номенклатуру технических параметров, предельных состояний, выявить наиболее вероятные отказы и повреждения, а также СК и их участки, рост поврежденности в которых и их дефектность могут привести к ресурсному отказу (переход объекта в предельное состояние). Особое внимание рекомендуется уделять анализу критериев, причин, последствий и критичности отказов, выявлению возможных постепенных, деградационных и зависимых отказов, подтверждению отсутствия возможности внезапных отказов.

19. Рекомендуется проводить анализ: нормативно-технической, проектной и эксплуатационной, в том числе монтажной и ремонтной, документации, технической документации и научно-технической информации по отказам и повреждениям объектов ОИАЭ.

20. Для проведения анализа технической документации эксплуатирующей организации рекомендуется предоставить следующие материалы:

- проектную документацию (архитектурно-строительные чертежи), исполнительную документацию по строительству, общие и специальные журналы;
- сертификаты, документы, удостоверяющие качество и характеристики материалов, изделий и деталей, примененных при возведении объектов;
- технический паспорт здания (сооружения);
- геодезическую исполнительную съемку объектов;
- данные геодезического и сейсмического мониторинга;
- материалы ранее выполненных обследований и ремонтов конструкций сооружений, предшествующих оценке остаточного ресурса, и имеющуюся расчетную документацию.



## IV. Проведение мониторинга

---

21. Рекомендуется проводить мониторинг строительных конструкций для получения данных о техническом состоянии обследуемого объекта, его основания и реальных условиях его нагружения, его технологических параметрах, об условиях взаимодействия с окружающей средой.

22. Мониторинг рекомендуется осуществлять на объекте непрерывно в соответствии с предварительно разработанной и согласованной с эксплуатирующей организацией программой с использованием штатного приборно-измерительного комплекса. Мониторинг заключается в регистрации показателей технического состояния объекта, служащих параметрами (температура, давление, мощность, вибрация), и их дальнейшей статистической обработке.

23. В программах по мониторингу рекомендуется предусматривать заданные режимы функционирования объекта и (или) дополнительную установку на объекте специальной измерительной или диагностической аппаратуры, позволяющие наиболее полно выявить повреждения в элементах объекта и (или) возможности возникновения отказов.

24. Результаты мониторинга рекомендуется оформлять в виде протоколов измерений, дополняя базу данных, предусмотренную пунктом 25 настоящего Руководства по безопасности, и (или) представлять в виде технического заключения или отчета.

25. В базу данных СК ЗиС ОИАЭ рекомендуется включать:

- технические характеристики стационарной КИА и сведения о ее состоянии;
- данные измерений;
- график проведения измерений по локальной инструкции и фактическое его исполнение;
- показатели состояния сооружений;
- критерии безопасности;
- результаты визуальных осмотров с графическим и фотопредставлением дефектов;
- результаты сезонных осмотров и комиссионных обследований;
- результаты технических освидетельствований;
- диагностические сообщения;
- сообщения о вышедших из строя приборах;
- внешние воздействия — проектные и фактические;
- экспертные заключения.

В базе данных также рекомендуется представлять:

- комплект векторных чертежей, подготавливаемых в AUTOCAD;
- шаблоны для подготовки документации в формате Word, Excel;
- графическую информацию (растровые схемы и рисунки, выполненные в лицензированном графическом редакторе, фотографии в цифровом формате).

## V. Проведение обследования

---

26. Рекомендуется определять техническое состояние СК ОИАЭ (установление дефектов, деформаций и причин их возникновения) для оценки их пригодности к дальнейшей эксплуатации в течение заданного срока.

Оценку технического состояния СК ЗИС ОИАЭ рекомендуется производить на основании результатов инструментальных и визуальных наблюдений за техническими параметрами, характеризующими состояние, работоспособность и безопасность ответственных элементов и конструкций зданий, сооружений и их оснований, а также внешних воздействий природного, технологического и техногенного характера.

Техническое состояние зданий и сооружений рекомендуется определять путем установления:

- соответствия эксплуатационных параметров ОИАЭ параметрам, заложенным в проекте, а также требованиям современных нормативных документов в области безопасности ОИАЭ;
- соответствия фактических характеристик материалов ОИАЭ проектным значениям;
- соответствия показателей состояния ОИАЭ их критериальным значениям;
- оценки достаточности КИА и достоверности ее показаний;
- соответствия нагрузок расчетным значениям, принятым в проекте.

27. Содержание основных работ по обследованию СК ЗИС, их объемы и сроки проведения рекомендуется определять программой, разработанной на основе анализа технической документации и данных оперативной диагностики применительно к конкретному объекту.

28. При выполнении обследования СК в программу рекомендуется включать выполнение следующих работ:

- изучение технической документации по проектированию, строительству и эксплуатации объектов, определение ее соответствия техническому заданию на обследование, а также результатам предыдущих обследований;
- визуальное ознакомление с объектом обследования, его предварительное освидетельствование в целях проверки достаточности выполненных заказчиком подготовительных работ и уточнения необходимости проведения дополнительных работ, подготовка рабочих мест;
- натурное обследование СК — измерение сечений, выявление деформаций, дефектов и повреждений, сбор данных по нагрузкам;
- фотофиксация дефектных участков;
- установление необходимости проведения инструментальных измерений и их объемов, мест отбора проб;
- определение прочности материалов неразрушающими методами, вскрытие намеченных зон и участков, отбор проб и лабораторные испытания образцов материалов;

- выявление степени и причин физического износа элементов конструкций на основании анализа результатов обследования, представленных заказчиком сведений по условиям эксплуатации ЗИС и поверочных расчетов по видам конструкций;
- составление ведомости дефектов;
- разработка и подборка схем, эскизов и фотографий поврежденных участков;
- составление заключения и (или) технического отчета с выводами о возможности использования СК обследуемых объектов при их дальнейшей эксплуатации, с оценкой их технического состояния и остаточного ресурса и рекомендациями по устранению дефектов и повышению их надежности.

29. Обследование рекомендуется проводить визуальным и инструментальным методами.

30. Визуальным методом рекомендуется выявлять видимые дефекты, повреждения и деформации СК, устанавливаются вероятные причины их возникновения. По результатам визуального обследования рекомендуется приводить предварительную оценку технического состояния СК и уточнять программу дальнейшего инструментального обследования.

31. Инструментальное обследование рекомендуется производить с целью сбора сведений для окончательной оценки технического состояния конструкций. Инструментальному обследованию подлежат конструкции, указанные в перечне элементов и участков, составленном в ходе анализа проектно-технической документации, а также конструкции, на которые отсутствует необходимая документация, или конструкции, в которых обнаружены дефекты и повреждения, снижающие прочность, устойчивость и жесткость несущих конструкций при общем визуальном обследовании.

32. При обнаружении характерных трещин, перекосов частей здания (сооружения), разломов стен и прочих повреждений и деформаций, свидетельствующих о неудовлетворительном состоянии грунтового основания, в детальное (инструментальное) обследование рекомендуется включать инженерно-геологические исследования, по результатам которых может потребоваться как восстановление и ремонт СК, так и усиление основания.

## Обследование технического состояния оснований и фундаментов

33. В состав работ по обследованию грунтов оснований и фундаментов зданий (сооружений) рекомендуется включать:

- изучение имеющихся материалов по инженерно-геологическим исследованиям, проводившимся на данной площадке и в районе размещения;
- бурение скважин с отбором образцов грунта, проб подземных вод и определением их уровня;
- зондирование грунтов;
- испытания грунтов статическими нагрузками;
- исследования грунтов геофизическими методами;
- лабораторные исследования грунтов оснований и подземных вод;
- обследование состояния искусственных свайных оснований и фундаментов.

34. При обследовании оснований и фундаментов рекомендуется:

- отбирать пробы грунтовых вод для оценки их состава и агрессивности (при необходимости);
- определять типы фундаментов, их форму в плане, размер, глубину заложения, выявлять выполненные ранее усиления фундаментов и закрепления оснований;
- устанавливать повреждения фундаментов и определять прочность материалов их конструкций;
- отбирать пробы для лабораторных испытаний материалов фундаментов;
- устанавливать наличие и состояние гидроизоляции.

35. В результате обследования грунтов оснований рекомендуется устанавливать соответствие новых данных архивным (при наличии). Выявленные различия в инженерно-геологической и гидрогеологической обстановке и свойствах грунтов используются для определения причин деформаций и повреждений зданий, разработки прогнозов и учета при выборе способов усиления фундаментов или упрочнения основания (при необходимости).

36. Физико-механические характеристики грунтов рекомендуется определять по образцам, отбираемым в процессе обследования. Количество и размеры образцов грунта при проведении комплекса лабораторных испытаний устанавливаются по ГОСТ 30416-2012 «Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения», введенному в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2012 г. № 707-ст.

37. В результаты инженерно-геологических изысканий в соответствии со сводом правил СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83\*», утвержденным приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 16 декабря 2016 г. № 970/пр (далее — свод правил СП 22.13330.2016), рекомендуется включать данные, необходимые для:

- определения свойств грунтов оснований для возможности надстройки дополнительных этажей, устройства подвалов;
- выявления причин дефектов и повреждений (приложение Д ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния», введенного в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2012 г. № 1984-ст (далее — ГОСТ 31937-2011), и определения мероприятий по усилению оснований, фундаментов, надфундаментных конструкций;
- выбора типа гидроизоляции подземных конструкций, подвальных помещений;
- установления вида и объема водопонижающих мероприятий на площадке.

38. Оценка прочности материалов фундаментов рекомендуется проводить неразрушающими методами или лабораторными испытаниями.

39. При осмотре фундаментов рекомендуется фиксировать:

- трещины в конструкциях (поперечные, продольные, наклонные);
- оголения арматуры;

- вывалы бетона и каменной кладки, каверны, раковины, повреждения защитного слоя, выявленные участки бетона с изменением его цвета;
- повреждения арматуры, закладных деталей, сварных швов (в том числе в результате коррозии);
- схемы опирания конструкций, несоответствие площадок опирания сборных конструкций проектным требованиям и отклонения фактических геометрических размеров от проектных;
- наиболее поврежденные и аварийные участки конструкций фундаментов;
- результаты определения влажности материала фундамента и наличие гидроизоляции.

40. По результатам визуального обследования по степени повреждения и характерным признакам дефектов рекомендуется приводить предварительную оценку технического состояния фундаментов. В случае если результаты визуального обследования окажутся недостаточными для оценки технического состояния фундаментов, рекомендуется проводить детальное (инструментальное) обследование. В этом случае (при необходимости) рекомендуется разрабатывать программу работ по детальному обследованию.

Основными критериями положительной оценки технического состояния фундаментов при визуальном обследовании являются:

- отсутствие неравномерной осадки, соблюдение ее предельных значений;
- сохранность тела фундаментов;
- надежность антикоррозионной защиты, гидроизоляции и соответствие их условиям эксплуатации.

41. Детальное (инструментальное) обследование оснований и фундаментов в зависимости от поставленных задач, наличия и полноты проектно-технической документации, характера и степени дефектов и повреждений может быть сплошным (полным) или выборочным.

42. При инструментальном обследовании состояния фундаментов рекомендуется определять:

- прочность и водопроницаемость бетона;
- количество арматуры, ее площадь и профиль;
- толщину защитного слоя бетона;
- степень и глубину коррозии бетона (карбонизация, сульфатизация, проникание хлоридов);
- напряжения в конструкциях подземной части (фундаменты, колонны, перекрытия);
- прочность материалов каменной кладки;
- наклоны, перекосы и сдвиги элементов конструкций;
- степень коррозии стальных элементов и сварных швов;
- деформации основания;
- осадки, крены, прогибы и кривизну фундаментов;

- напряжения в основании под пятой свай и в стволе свай (выполняется при высоте сооружения более 100 м);
- характеристики грунтов, уровень подземных вод и их химический состав (если эти сведения отсутствуют в инженерно-геологических данных).

43. При обследовании ЗиС вблизи источников динамических нагрузок, вызывающих колебания прилегающих к ним участков основания, рекомендуется проводить вибрационные обследования.

Вибрационные обследования рекомендуется проводить в целях получения фактических данных об уровнях колебаний грунта и конструкций фундаментов ЗиС при наличии динамических воздействий от:

- оборудования, установленного или планируемого к установке вблизи ЗиС;
- проходящего наземного или подземного транспорта вблизи ЗиС;
- строительных работ, проводимых вблизи ЗиС;
- других источников вибраций, расположенных вблизи ЗиС.

44. С целью оценки общего вибрационного состояния фундаментов рекомендуется выполнить измерения вибраций отдельных элементов и опорных конструкций фундаментов.

45. На фундаментах, где наблюдаются повышенные вибрации верхнего строения, рекомендуется проводить комплексные измерения вибрации системы турбоагрегат-фундамент в эксплуатационных режимах агрегата.

46. Оценку вибрационного состояния системы турбоагрегат-фундамент рекомендуется производить путем сопоставления результатов измерений с проектными значениями соответствующих показателей.

47. При проведении вибрационных измерений рекомендуется в случае выявления резонансных зон на фундаменте отстроиться от резонансной частоты путем изменения массы (например, наращиванием размеров поперечных сечений элементов фундамента) или жесткости элементов фундамента.

48. Перед проведением вибрационных исследований рекомендуется намечать зоны расположения точек измерений.

49. Последовательность измерений рекомендуется назначать в соответствии со схемой расположения точек измерений, а также с учетом дополнительных сведений о состоянии фундамента, полученных по результатам визуального осмотра его элементов.

50. На начальном этапе рекомендуется определять вибрационное состояние турбоагрегата и выявлять опоры с повышенным уровнем вибрации. Измерения амплитуд и скорости вибрации подшипников турбоагрегата рекомендуется проводить в эксплуатационном режиме при максимально возможных нагрузках в момент проведения измерений.

51. На следующем этапе рекомендуется определять вибрационное состояние фундамента, при этом точки измерений рекомендуется располагать в местах сопряжения конструктивных элементов, в середине пролетов продольных и поперечных ригелей, на колоннах, у нижней фундаментной плиты.

52. По результатам вибрационного обследования фундаментов рекомендуется представить вывод о допустимости имеющихся вибраций для безопасной эксплуатации ЗИС.

### Обследование несущих железобетонных и бетонных конструкций

53. Оценку технического состояния СК ОИАЭ рекомендуется проводить путем выполнения следующих работ на обследуемом объекте:

- визуального осмотра всех конструкций объектов ОИАЭ и выявления деформированных конструкций, участков с трещинами, внешними повреждениями и следами коррозии;
- выделения конструкций (их участков), требующих инструментальной проверки;
- инструментальной проверки прочности бетона и арматуры на выделенных конструкциях и участках, измерения ширины и глубины раскрытия трещин и деформаций конструкции;
- сбора и анализа материалов ранее проведенных измерений (геодезических и других);
- обработки и анализа материалов обследования с составлением ведомости дефектов и заключения с оценкой состояния конструкций.

54. Оценку технического состояния бетонных и железобетонных конструкций по внешним признакам рекомендуется проводить на основе:

- определения геометрических размеров конструкций и их сечений;
- сопоставления фактических размеров конструкций с проектными размерами;
- соответствия фактической статической схемы работы конструкций принятой при расчете;
- наличия трещин, отколов и разрушений;
- месторасположения, характера трещин и ширины их раскрытия;
- состояния защитных покрытий;
- прогибов и деформаций конструкций;
- признаков нарушения сцепления арматуры с бетоном;
- наличия разрыва арматуры;
- состояния анкерки продольной и поперечной арматуры;
- степени коррозии бетона и арматуры.

Рекомендации по оценке технического состояния несущих бетонных и железобетонных конструкций по внешним признакам приведены в приложении № 3 к настоящему Руководству по безопасности.

55. Картирование трещин, деформаций и других дефектов в железобетонных и бетонных конструкциях рекомендуется производить на заранее заготовленных чертежах условными обозначениями.

56. Участки для инструментальной проверки рекомендуется выбирать с учетом общей оценки состояния конструкций:

- при нормативном состоянии не менее 5 % конструкций рекомендуется подвергать выборочной проверке на соответствие геометрических размеров сечений и узлов опирания проектным данным и проверке прочности бетона (неразрушающими методами);
- при работоспособном состоянии в дополнение к конструкциям (участкам), находящимся в работоспособном состоянии (не менее 5 %), рекомендуется выбирать по внешним признакам участки с минимальным, средним и максимальным объемом повреждений, соответственно, от 5 до 10 % общего числа дефектных конструкций (участков);
- при ограниченно работоспособном состоянии детальному инструментальному контролю рекомендуется подвергать все выявленные дефектные конструкции (участки) для уточнения их состояния и причин, вызвавших дефекты.

57. Отбор образцов арматуры для испытаний рекомендуется производить на дефектных участках конструкций (в местах отслоения защитного слоя, продольных трещин, сколов) в целях нанесения минимального ущерба существующим конструкциям. Вскрытие неповрежденных конструкций для отбора образцов арматуры рекомендуется производить при необходимости.

58. В процессе инструментального контроля рекомендуется выполнять:

- проверку соответствия сечений конструкций требованиям проекта;
- измерение поврежденных участков конструкций, прежде всего их глубины и протяженности;
- измерение ширины и глубины раскрытия трещин (нормальных и наклонных);
- измерение величины коррозионного повреждения бетона и арматуры с отбором (в необходимых случаях) образцов бетона и арматуры, подверженных коррозии, на химический анализ для определения вида и причин коррозии или для лабораторных определений марок бетона и стали;
- определение прочности бетона неразрушающими методами;
- определение водонепроницаемости бетона конструкций, проектные условия и эксплуатация которых предполагают наличие влажной среды;
- определение прогибов и деформаций конструкций и наблюдение за развитием трещин;
- определение при необходимости с помощью теодолита крена высотных сооружений и конструкций.

59. Дополнительно для СК фундаментов и подземных сооружений в процессе инструментального контроля рекомендуется:

- выполнять контроль осадки, крена, прогибов и кривизны фундаментов;
- устанавливать наличие и состояние гидроизоляции;
- определять водонепроницаемость бетона;
- определять характеристики грунтов, уровень подземных вод и их химический состав (если эти сведения отсутствуют в инженерно-геологических данных).



60. Дополнительно для ограждающих конструкций в процессе инструментального контроля рекомендуется выполнять:

- инструментально-визуальные обследования ограждающих конструкций с указанием мест выпадения конденсата;
- измерения температуры, относительной влажности и температуры точки росы воздуха помещений;
- измерения температуры внутренней поверхности в местах дефектов и на глади наружной стены;
- выборочные определения термического сопротивления (сопротивление теплопередаче) на глади стен с дефектами при низких температурах (минус 10 °С и ниже) наружного воздуха;
- измерения температуры и скорости наружного воздуха;
- отбор проб и образцов материалов из дефектных и недефектных мест (для сопоставления и анализа) наружных стен и других ограждающих конструкций;
- лабораторные испытания отобранных проб и образцов на плотность, влажность и теплопроводность;
- расчеты влажностного режима ограждающих конструкций;
- расчеты температурных полей дефектных узлов сопряжения ограждающих конструкций с проектными и натурными показателями плотности, влажности и теплопроводности материалов конструкций;
- тепловизионную съемку наружных стен для выявления мест с низкими теплозащитными показателями;
- расчеты приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен здания с учетом выявленных фрагментов наружных стен с низкими теплозащитными показателями.

61. Коррозионный износ арматуры рекомендуется определять путем измерения толщины слоя продуктов коррозии. При этом глубина коррозионного износа составляет примерно треть общей толщины этого слоя. Степень коррозии арматуры рекомендуется оценивать по следующим признакам: характер коррозии, цвет, плотность продуктов коррозии, площадь пораженной поверхности, глубина коррозионных поражений, площадь остаточного поперечного сечения арматуры.

62. Определение влажности бетона рекомендуется производить при необходимости весовым методом.

При обследовании бетонных и железобетонных конструкций рекомендуется также применять положения ГОСТ 31937-2011, свода правил СП 22.13330.2016, свода правил СП 27.13330.2017 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. Актуализированная редакция СНиП 2.03.04-84», утвержденного приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 15 мая 2017 г. № 786/пр.

## Обследование несущих металлических конструкций

63. При обследовании металлических конструкций рекомендуется:

- установить соответствие конструктивно-технологических решений, реализованных в обследуемых конструкциях, требованиям, предъявляемым к конструкциям и технологии их возведения;
- выявить соответствие фактической схемы расстановки связей, прогонов, ветровых ферм проекту и современным требованиям;
- при визуальном осмотре выделить для инструментальной проверки не менее 5 % металлических конструкций, техническое состояние которых отнесено к категории «нормативное» и «работоспособное»;
- при значительном износе (оценка состояния – «ограниченно работоспособное») для инструментальной проверки конструкций выделить от 5 до 10 % этих конструкций;
- при предельном состоянии отдельных конструкций производить их детальное обследование, которому предшествует разработка соответствующих мероприятий против их возможного обрушения (демонтажа, укрепления) и их выполнение;
- измерять коррозионный износ металлических конструкций по толщине слоя продуктов коррозии. Коррозионный износ с одной стороны элемента примерно равен одной трети толщины слоя продуктов коррозии. При необходимости уточнения износа он может быть измерен путем непосредственных обмеров выбранных сечений элементов;
- уточнять на месте наличие технической документации, подтверждающей качество примененных материалов, а при ее отсутствии или выявлении при обследовании явных расхождений с имеющимися сведениями назначать участки для отбора проб и организовывать их лабораторные испытания с привлечением заказчика.

64. Рекомендации по оценке технического состояния несущих металлических конструкций по внешним признакам приведены в приложении № 4 к настоящему Руководству по безопасности.

65. При обследовании металлических конструкций рекомендуется также применять положения ГОСТ 31937-2011, СП 16.13330.2017 «Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\*», утвержденного приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 126/пр. (далее — СП 16.13330.2017).

66. В программе работ по динамическому мониторингу рекомендуется предоставлять:

- схему размещения датчиков колебаний;
- технические характеристики измерительной и регистрирующей аппаратуры;
- программы компьютерной обработки записей колебаний.

67. При выборе точек измерения и типа датчиков рекомендуется учитывать характер источника колебаний, интенсивность и длительность колебаний, продолжительность измерений, погрешность измерений, в том числе за счет помех природного и техногенного происхождения. Рекомендуется одновременная трехкомпонентная регистрация колебаний в каждой точке измерения.

68. Рекомендуется определять следующие динамические характеристики СК:

- собственные частоты (рекомендуется определять по спектрам или амплитудно-частотным характеристикам);
- формы собственных колебаний, соответствующие выявленным собственным частотам (рекомендуется определять путем фазового анализа записей колебаний в точках измерения);
- параметры затухания собственных колебаний (рекомендуется определять по амплитудно-частотным характеристикам).

## Обследование каменных и армокаменных конструкций

69. При обследовании каменных и армокаменных конструкций рекомендуется в первую очередь выделить несущие элементы, на состояние которых следует обратить особое внимание.

70. При оценке технического состояния каменных и армокаменных конструкций рекомендуется установить:

- процент уменьшения сечения в месте повреждения;
- пустоты в кладке;
- стрелу отклонения или выпучивания стен и столбов;
- степень развития трещин и других разрушений в поврежденной зоне конструкций;
- качество кладки, ширину и глубину швов;
- влажностное состояние кирпичной кладки;
- физико-механические свойства кладки, кирпича (камня) и раствора;
- сопротивление теплопередаче (для наружных стен);
- фактическую морозостойкость.

71. При определении качества кладки рекомендуется отмечать вид и сорт кирпича (керамический, силикатный, пустотелый) и камня, их качество (железняк, нормальный, алый, недожог), а также вид раствора (цементный, сложный).

72. Фактическую толщину горизонтальных швов кладки рекомендуется устанавливать замером высоты от 5 до 10 рядов кладки и соответствующим подсчетом средних значений. Если в среднем толщина горизонтальных швов превышает 12 мм, то кладка считается пониженной прочностью, и рекомендуется вводить к допускаемым напряжениям коэффициент снижения.

73. Прочность кирпича в каменной кладке рекомендуется определять измерителем прочности строительных материалов.

74. Оценку прочности (марки) раствора швов кладки рекомендуется определять путем испытания на сжатие кубов с ребрами 2-4 см, изготовленных из двух пластинок, взятых из горизонтальных швов кладки или стыков крупнопанельных конструкций.

75. Рекомендации по оценке технического состояния несущих каменных конструкций по внешним признакам приведены в приложении № 5 к настоящему Руководству по безопасности.

76. При обследовании каменных и армокаменных конструкций, кроме указаний данного раздела настоящего Руководства по безопасности и требований нормативных документов, рекомендуется пользоваться указаниями и рекомендациями документов ГОСТ 31937-2011, сводом правил СП 13-102-2003 «Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений», принятого постановлением Госстроя России от 21 августа 2003 г. № 153 (далее — СП 13-102-2003), СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81\*», утвержденного приказом Минрегиона России от 29 декабря 2011 г. № 635/5 (далее — СП 15.13330.2012).

## Обследование антикоррозионной защиты

77. При оценке качества сохранившейся антикоррозионной защиты стальных элементов рекомендуется определять ее толщину и адгезию к подложке.

78. Толщину покрытий (лакокрасочных, цинковых, алюминиевых, комбинированных) рекомендуется замерять с помощью переносных приборов. Поверхность покрытий рекомендуется предварительно тщательно очищать от загрязнений, а поверхность металлических покрытий — от продуктов коррозии.

79. В комбинированных покрытиях рекомендуется замерять общую толщину, а после удаления лакокрасочного слоя — толщину только металлического слоя.

80. Замеры толщины противокоррозионных покрытий рекомендуется проводить не менее чем в 30 точках в пределах одной конструкции (или элементов конструкции), входящих в одну выборку.

81. Для определения исходной толщины металлических покрытий, необходимой для расчета скорости их коррозии, рекомендуется проводить дополнительные замеры толщины в местах, где металлическое покрытие наименее подвержено коррозии. Такими местами могут являться, например, закрытые поверхности под накладками, шайбами.

82. Адгезию лакокрасочного покрытия или лакокрасочного слоя в комбинированном покрытии рекомендуется оценивать методом решетчатого надреза в баллах по ГОСТ 15140-78 «Материалы лакокрасочные. Методы определения адгезии», введенного в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 18 мая 1978 г. № 1336 (далее — ГОСТ 15140-78). Указанный метод может быть применен и для оценки адгезии металлических покрытий. При этом шаг сетки согласно ГОСТ 15140-78 равен 10-кратной толщине покрытия, но не менее 2 мм.

83. Оценку адгезии противокоррозионных покрытий рекомендуется проводить не менее чем в 10 точках в пределах одной конструкции.

84. Сохранность лакокрасочного покрытия не дает таких гарантий, так как покрытие могло восстанавливаться в эксплуатации при заметных коррозионных поражениях стали. Поэтому сохранность лакокрасочного покрытия не исключает проверку коррозионного состояния отдельных элементов под покрытием. Лучше всего это сделать в местах, где лакокрасочное покрытие разрушают, проверяя его адгезию, руководствуясь при этом приведенными выше рекомендациями.

## VI. Анализ повреждений и параметров технического состояния объекта

---

85. Целью анализа повреждений и параметров технического состояния, проводимого на основании полученных данных при рассмотрении технической документации, оперативной диагностики и обследования, является определение технического состояния СК объектов (установление дефектов, деформаций и причин их возникновения) в целях выявления их пригодности к дальнейшей эксплуатации в течение заданного срока, фактической нагруженности, необходимых для прогнозирования развития этого состояния в соответствии с установленными закономерностями доминирующих механизмов повреждения до достижения параметрами технического состояния значений, при которых объект переходит в предельные состояния.

86. В анализ повреждений и параметров технического состояния объекта рекомендуется включать:

- оценку фактической нагруженности основных элементов конструкции объектов, выполненную расчетным методом по действующим нормативно-техническим документам с учетом всех режимов нагружения и действующих нагрузок, фактической геометрии конструкции, фактических толщин ее несущих элементов, имеющихся и выявленных концентраторов напряжений и экспериментальных результатов исследований напряженно-деформированного состояния, полученных при оперативной диагностике и обследовании;
- установление механизмов образования и роста обнаруженных дефектов и повреждений, возможных отказов (постепенных, деградиационных, внезапных, включая их категории, последствия и критичность) вследствие развития дефектов и повреждений, при этом особое внимание рекомендуется уделять подтверждению отсутствия возможности внезапных отказов, при которых нельзя прогнозировать остаточный ресурс;
- оценку параметров технического состояния объекта, их соответствие требованиям нормативно-технической и конструкторской документации, а при отклонении от требований – установление определяющих параметров технического состояния;
- установление уточненной по сравнению с указанной в нормативно-технической документации системы предельных состояний и их критериев (например, уровень прогрессирующего формоизменения, возникновение предельно допустимых трещин);
- заключение о необходимости дальнейших уточненных расчетов и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния и характеристик материалов;
- заключение о возможности дальнейшей эксплуатации объекта с установлением назначенного ресурса (до проведения уточненных расчетов и экспериментальных исследований напряженно-деформированного состояния, характеристик материалов и оценки остаточного ресурса) в случае отсутствия повреждений, влияющих на параметры технического состояния объекта.

87. Результаты анализа повреждений и параметров технического состояния рекомендуется включать в базу данных (пункт 26 настоящего Руководства по безопасности) и оформлять в виде технического заключения с решением о продолжении дальнейших исследований

напряженно-деформированного состояния и характеристик материалов или возможности дальнейшей эксплуатации объекта с указанием назначенного ресурса.

88. Оценка категорий технического состояния несущих конструкций ЗИС, включая грунтовое основание, рекомендуется проводить на основании результатов обследования и поверочных расчетов, которые в зависимости от типа объекта осуществляют в соответствии с ГОСТ 31937-2011 и СП 13-102-2003. По этой оценке конструкции ЗИС, включая грунтовое основание, рекомендуется подразделять на находящиеся:

- в нормативном техническом состоянии;
- в работоспособном состоянии;
- в ограниченно работоспособном состоянии;
- в аварийном состоянии.

89. Описание технического состояния по категориям технического состояния и соответствующие им величины относительной надежности приведены в приложении № 6 к настоящему Руководству по безопасности.

## VII. Поверочные расчеты конструкций и их элементов

---

90. Поверочные расчеты СК при их обследовании рекомендуется выполнять на основе результатов оценки технического состояния СК с учетом обнаруженных дефектов и повреждений, снижающих их несущую способность и эксплуатационную пригодность, а также повышения нагрузок при проектируемой реконструкции объектов.

91. Поверочные расчеты сооружений, конструкций и их элементов выполняются в соответствии с требованиями Федерального закона от 21 ноября 1995 г. № 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии», свода правил СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85», утвержденного приказом Минрегиона России от 27 декабря 2010 г. № 787 (далее — СП 20.13330.2011) и СП 13-102-2003.

92. Поверочные расчеты сооружений, конструкций и их элементов рекомендуется проводить на эксплуатационные нагрузки и воздействия с учетом сейсмических воздействий, предусмотренных в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии «Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций» (НП-031-01), утвержденных постановлением Госатомнадзора России от 19 октября 2001 г. № 9, и особых воздействий, предусмотренных в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии» (НП-064-17), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 30 ноября 2017 г. № 514 (зарегистрирован Минюстом России 26 декабря 2017 г., регистрационный № 49461).

93. При расчетах каменных ограждающих конструкций рекомендуется руководствоваться требованиями СП 15.13330.2012.

94. При расчетах бетонных и железобетонных ограждающих конструкций рекомендуется руководствоваться требованиями свода правил СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003», утвержденного приказом Минрегиона России от 29 декабря 2011 г. № 635/8 (далее — СП 63.13330.2012). Поверочные расчеты железобетонных конструкций рекомендуется проводить с учетом фактических физико-механических характеристик бетона и арматуры, наличия трещин, уменьшения площади сечения арматуры вследствие ее коррозии, деформаций и напряженного состояния конструкций, а также их развития с одновременным перераспределением усилий между рабочими элементами конструкции. Рекомендуется использовать методы расчета, учитывающие пластические деформации в арматуре и бетоне, и программные средства, аттестованные в установленном порядке.

95. При расчете деревянных ограждающих конструкций рекомендуется руководствоваться требованиями свода правил СП 64.13330.2017 «Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25-80», утвержденного приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. № 129/пр.

96. При расчете стальных ограждающих конструкций рекомендуется руководствоваться требованиями СП 16.13330.2017.

97. Обследование звукоизоляции ограждающих конструкций, шума инженерного оборудования, вибраций и внешнего шума рекомендуется производить в соответствии с ГОСТ 31937-2011.

98. Определение теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций рекомендуется выполнять по ГОСТ 31937-2011.

99. Реальная расчетная схема и характеристики материалов принимаются по результатам обследования с учетом пункта 10.2 и разделов 8.3-8.6 СП 13-102-2003.

100. На основании поверочного расчета рекомендуется производить:

- определение усилий в конструкциях от эксплуатационных и предполагаемых при реконструкции нагрузок и воздействий, в том числе и сейсмических;
- определение несущей способности этих конструкций.

Сопоставление этих величин показывает степень реальной загруженности конструкций по сравнению с ее фактической несущей способностью.

101. В случае если усилия в конструкции превышают ее несущую способность, то состояние такой конструкции рекомендуется признать ограниченно работоспособным или аварийным, а в случае, если их фактическая несущая способность не достаточна для восприятия нагрузок при реконструкции объекта, конструкции рекомендуется заменить или усилить.



## VIII. Оценка остаточного ресурса строительных конструкций

---

102. Период дополнительного (повторного дополнительного) срока эксплуатации СК, ЗИС ОИАЭ, а также их оснований рекомендуется обосновать с учетом наиболее неблагоприятного сочетания всех видов нагрузок, соответствующих функциональному назначению и конструктивному решению ЗИС, для которых рекомендуется обеспечить их механическую безопасность, с учетом:

- фактических значений геометрических параметров конструкций;
- наличия осадок, кренов и деформаций фундаментов;
- прогибов и деформаций конструкций;
- фактического состояния системы предварительного напряжения конструкции (при наличии);
- наличия дефектов в конструкциях;
- месторасположения, характера трещин и параметров трещин, причин их образования по результатам мониторинга;
- состояния защитных покрытий;
- состояния арматуры и бетона железобетонных конструкций;
- состояния металла металлических конструкций;
- контроля наличия коррозии металла, бетона и арматуры;
- сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций.

103. Определение остаточного ресурса объекта представляет собой прогнозирование изменения его технического состояния во времени по определяющим параметрам до достижения предельного состояния и должно проводиться на основе расчетной оценки и обследования. Оценка остаточного ресурса основывается на закономерностях изменения определяющих параметров технического состояния, устанавливаемых при анализе выявленных механизмов развития повреждений, и (или) по результатам измерения функциональных показателей.

104. При выборе алгоритма прогнозирования рекомендуется учитывать точность и достоверность значений параметров и характеристик, используемых в расчетах и определяющих в конечном счете точность и достоверность оценки самого ресурса объекта.

105. При непрерывном (или дискретном) контроле за параметрами технического состояния допускается использовать упрощенные алгоритмы, при которых прогнозирование осуществляют по одному параметру технического состояния.

106. Упрощенные алгоритмы прогнозирования остаточного ресурса применяют, например, для:

- объекта, работающего в условиях статического нагружения и коррозионной среды, и снижающего несущую способность вследствие уменьшения толщины, когда основной повреждающий фактор — общая коррозия;

- объекта, работающего в условиях циклического нагружения при отсутствии коррозионной среды, снижающего несущую способность вследствие малоциклового усталости.

107. Допускается прогнозирование остаточного ресурса объекта по функциональным параметрам, когда есть объем информации по параметрам за период эксплуатации, достаточный для экстраполяции этих значений на последующий период эксплуатации в проектных (штатных) режимах. Упрощенные алгоритмы прогнозирования допускается применять также при оценке остаточного ресурса конструкций, находящихся в длительной эксплуатации в реальной окружающей среде, если критерием безопасной эксплуатации конкретного элемента объекта является его целостность. При этом необходимость индивидуальной оценки ресурса каждого конкретного элемента или узла (включая однотипные и идентичные), в том числе каждого сварного соединения, определяется программой обследования.

108. Результаты выполненных расчетов по прогнозированию остаточного ресурса рекомендуется оформлять в виде отчета, который служит основанием для принятия решения о продлении назначенного срока эксплуатации.

109. Кроме предусмотренной в нормативной и (или) конструкторской (проектной) документации, может вводиться дополнительная система критериев предельного состояния, переход в которое определяет остаточный ресурс обследуемого объекта. В качестве критериев для определяющих параметров технического состояния железобетонных конструкций, обуславливающих работоспособность железобетонных конструкций, рекомендуется принимать:

- для прочности — расчетные сопротивления бетона и арматуры, устанавливаемые СП 63.13330.2012, и, как следствие — площадь арматуры ( $\text{см}^2$ ), определяемая проектом;
- для трещиностойкости — ширину раскрытия трещин, устанавливаемую проектом, в соответствии с СП 63.13330.2012;
- для деформативности — прогибы, углы поворота и перекоса, устанавливаемые СП 20.13330.2011.

110. В зависимости от критериев предельного состояния и условий эксплуатации объекта в качестве параметров его технического состояния рекомендуется использовать:

- градиент внутренних напряжений, характеризующий изменение плотности внутренней энергии материала в зоне концентрации напряжений (интегральный параметр напряженно-деформированного состояния);
- базовые характеристики материалов (механические характеристики – предел текучести, предел прочности, твердость, трещиностойкость, пределы выносливости, длительной прочности, ползучести, химический состав, характеристики микроструктуры);
- коэффициенты запасов прочности (по пределам текучести, прочности, длительной прочности, ползучести, трещиностойкости, устойчивости, по числу циклов или напряжениям при расчетах на циклическую прочность);
- технологические показатели (температура, давление, выход продукта, параметры вибрации, режимы работы);
- характеристики дефектности металла (минимальная толщина стенки, наличие трещин, пор, непроваров).

111. В качестве основного показателя остаточного ресурса в результате прогноза рекомендуется определять гамма-процентный ресурс, задаваемый двумя численными значениями: наработкой и выраженной в процентах вероятностью того, что в течение этой наработки предельное состояние не будет достигнуто.

112. Вероятность (гамма) выбирается в зависимости от назначения, степени ответственности и режима использования объекта. Для уникальных и ответственных объектов, преждевременное прекращение работы которых приведет к существенным экономическим потерям, это значение может достигать от 90 до 95 % (и выше). Если переход объекта в предельное состояние (ресурсный отказ) связан с опасностью для жизни и здоровья людей, со значительными экологическими последствиями, с отсутствием непрерывного контроля за техническими параметрами, то продолжительность эксплуатации следует нормировать заданным назначенным ресурсом, опираясь при этом на полученные показатели остаточного ресурса.

113. Рекомендации по оценке остаточного ресурса ЗиС и СК ОИАЭ по различным методикам приведены в приложениях № 7–9 к настоящему Руководству по безопасности.

114. По результатам расчетов остаточного ресурса рекомендуется выполнять оценку ресурса отдельных конструктивных элементов здания, частей здания, либо здания в целом.

115. При расчете остаточного ресурса по нескольким критериям ресурс рекомендуется назначать по минимальному значению.

## IX. Принятие решения о возможности дальнейшей эксплуатации объекта

---

116. На основании данных по оценке технического состояния объекта и остаточного ресурса рекомендуется принимать обоснованное решение о возможности дальнейшей эксплуатации объекта в соответствии с остаточным или назначенным ресурсом или его ремонте, снижении рабочих параметров, демонтаже. Решение принимается эксплуатирующей организацией на основании лицензии на эксплуатацию.

117. В период дополнительного срока эксплуатации остаточный ресурс СК, ЗиС рекомендуется определять в следующих случаях:

- при продлении срока эксплуатации ОИАЭ;
- при обнаружении значительных дефектов, повреждений и деформаций в СК, которые оказывают влияние на технологический процесс и несущую способность ЗиС;
- по результатам последствий пожаров, стихийных бедствий, аварий, связанных с разрушением ЗиС;
- перед реконструкцией (модернизацией) ЗиС или их конструктивных элементов;
- при изменении технологического назначения ЗиС;
- по инициативе собственника объекта;
- перед консервацией ЗиС с целью оценки необходимости и состава мероприятий по сохранению технических характеристик конструкций на срок консервации;
- по предписанию контролирующих и надзорных органов.

Для СК, ЗиС, отнесенных к классам безопасности 1 и 2 (классы безопасности установлены в федеральных нормах и правилах в области использования атомной энергии «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» (НП-001-15), утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 декабря 2015 г. № 522 (зарегистрирован Минюстом России 2 февраля 2016 г., регистрационный № 40939), остаточный ресурс рекомендуется определять при очередных обследованиях не реже одного раза в четыре года. Периодичность обследований и наблюдений зависит от категорий ответственности за радиационную и ядерную безопасность, установленных в соответствии с ПИН АЭ-5.6 «Нормы строительного проектирования атомных станций с реакторами различного типа», утвержденных Минатомэнерго СССР от 29 декабря 1986 г., и приведена в приложении № 10 к настоящему Руководству по безопасности (далее — ПИН АЭ-5.6).

## Х. Оформление результатов работы

---

118. Результаты всех выполненных исследований (включая расчеты) и принятое решение рекомендуется оформлять в виде заключения и (или) отчета.

119. В итоговый документ (отчет, заключение) о результатах специализированного обследования рекомендуется включать:

- перечень обследованных производственных ЗиС и СК;
- сроки проведения обследования;
- техническую характеристику объекта обследования;
- анализ результатов геодезических наблюдений за осадками, кренами и деформациями;
- анализ результатов наблюдений за режимом грунтовых вод;
- сведения об условиях эксплуатации СК;
- данные о ремонтах и реконструкциях с начала эксплуатации;
- анализ результатов технических осмотров и предыдущих обследований специализированными организациями;
- перечень использованных средств измерений;
- ведомость дефектов с указанием места расположения и вида дефекта; ведомость имеющихся отступлений от проекта и СП (СНиП);
- результаты инструментального контроля определяющих параметров состояния СК;
- результаты лабораторных испытаний и анализов;
- результаты химических анализов металла конструкций (при наличии);
- результаты механических испытаний образцов металлоконструкций (при наличии);
- данные о фактических нагрузках;
- результаты поверочных расчетов конструкций;
- данные о техническом состоянии конструкций, степени износа и снижения несущей способности основных несущих и ограждающих конструкций; причины появления и развития дефектов;
- прогноз дальнейшего поведения конструкций производственных ЗиС и их элементов;
- заключение о состоянии производственных ЗиС и технической возможности их дальнейшей безопасной эксплуатации;
- рекомендации и технические решения по восстановлению конструкций, имеющих дефекты, и (или) улучшению условий их эксплуатации;
- графические схемы дефектов, зон инструментального контроля, перечень использованной нормативно-технической документации.

Технический отчет и заключение по результатам специализированного обследования рекомендуется согласовать с генеральным проектировщиком объекта. Заключение по объекту контроля служит основанием для принятия решения о дальнейшей эксплуатации объекта контроля.

120. В заключении рекомендуется представить подписи исполнителей (экспертов) работы и утверждающую подпись руководителя организации, проводившей обследование и оценку остаточного ресурса объекта.

## XI. Рекомендации по определению факторов, влияющих на скорость деградации прочностных характеристик и работоспособное состояние строительных конструкций объектов использования атомной энергии

---

121. Факторы, влияющие на скорость деградации прочностных характеристик конструкций, делятся на две группы: нагрузки и факторы окружающей среды.

122. Воздействие факторов окружающей среды:

- атмосферные явления — знакопеременная температура, знакопеременная атмосферная влага, напор ветра, солнечная радиация, химическая составляющая атмосферной среды, биологическая составляющая атмосферной среды;
- механические воздействия (силовые факторы) — снеговая нагрузка, сосредоточенно-распределительная нагрузка, собственный вес здания, полезная нагрузка, находящаяся на этажах здания;
- техногенные воздействия (вызванные загрязнением окружающей среды) — выбросы, выхлопы промышленных предприятий и автотранспорта, стоки, сбросы промышленных предприятий;
- явления со стороны подземной части здания — давление грунта, вибрационные, динамические нагрузки, блуждающие токи, явления морозного пучения, грунтовая вода, капиллярная влага, биологическая грунтовая среда;
- технологическая среда — микроклимат (перепад температуры, влажности), биовредители, ударно-вибрационная нагрузка, нарушение правил эксплуатации;
- ионизирующее излучение — излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков.

123. Факторы окружающей среды, воздействующие на износ конструкций, подразделяются на две основные группы — воздействие природной среды и антропогенные факторы, появившиеся вследствие человеческой жизнедеятельности.

124. В зависимости от характера факторов, воздействующих на конструкцию, различают три случая разрушения и нарушения работоспособности:

- под воздействием нагрузок: большие динамические, статические, температурные нагрузки вызывают значительные, превышающие допустимые значения напряжений в материале;
- под воздействием факторов окружающей среды: значительная агрессивность окружающей среды даже при малых напряжениях от статических и динамических нагрузок приводит к разрушению материала конструкции. При воздействии радиации на конструкции ОИАЭ необходимо учитывать ее деструктивное влияние на данные конструкции;

- совместное воздействие механических, температурных нагрузок и факторов окружающей среды: каждый из факторов активизирует общее воздействие.

### Факторы, влияющие на коррозию строительных материалов

125. Применительно к строительным материалам по механизму протекания различают электрохимическую, химическую, физическую (физико-механическую), физико-химическую и биологическую коррозию.

126. При физической коррозии не происходят химические превращения (размораживание каменной кладки).

127. При физико-химической коррозии разрушение строительного материала происходит с изменением его состава (выщелачивание бетона).

128. Для химической коррозии характерны необратимые изменения материала конструкции в результате взаимодействия с агрессивными компонентами окружающей среды.

129. Электрохимическая коррозия проявляется в стальной арматуре, облицовках и закладных деталях железобетонных конструкций, в металлоконструкциях при их взаимодействии с электролитом и сопровождается разрушением материала в результате возникновения электрического тока на границе металла и агрессивной среды.

130. Биоповреждение представляет собой особый вид разрушения материалов, связанный с воздействием микроорганизмов — бактерий, грибов, насекомых.

131. Коррозионное разрушение строительного материала сопровождается изменением массы, сечения, прочности или ухудшением других количественных характеристик и показателей качества строительного материала вследствие коррозии.

132. Причиняемый коррозией основной ущерб является снижением как строительного, так и экономического фондов.

### 133. Факторы, вызывающие различные виды коррозии металлов:

- атмосферная среда — в результате конденсации на поверхности конструкции капель влаги и растворенных в них химически активных веществ (атмосферная коррозия);
- грунтовая среда — в результате соприкосновения с грунтовой влагой, химически активными элементами, находящимися в почве, включая техногенные загрязнители (почвенная коррозия);
- действие пресной, морской, минеральной и другой воды (подводная коррозия);
- действия, протекающие на границе различных сред (часть конструкции эксплуатируется в электролите — например, почве, воде, часть конструкции — в атмосфере). Большшему разрушению подвержена та часть конструкции, которая находится в электролите, а наиболее интенсивная коррозия протекает на границе сред (щелевая коррозия);
- действия, протекающие в местах сосредоточения динамической или статической нагрузки – коррозия под напряжением.



## 134. Факторы, влияющие на скорость коррозионного процесса.

Интенсивность коррозии зависит от следующих факторов:

- характеристика металла — определяется значением водородного потенциала металла;
- характеристика среды электролита — определяется водородным показателем pH и наличием примесей, в том числе и кислорода;
- скорость движения электролита;
- температура электролита.

135. Коррозионную стойкость материала рекомендуется оценивать различными показателями, в том числе:

- скоростью коррозии — скоростью изменения свойств строительного материала в единицу времени вследствие воздействия агрессивной среды;
- степенью коррозии — технической характеристикой изменения свойств строительного материала вследствие коррозии.

Данные показатели рекомендуется оценить по среднегодовой скорости разрушения поверхности, среднегодовой потере прочности, глубиной разрушения (проницаемостью), потерей веса СК в результате физического износа, а также по внешним признакам повреждения.

136. Для оценки коррозионной стойкости рекомендуется проводить коррозионные испытания — испытания строительных материалов, изделий и конструкций или защитных покрытий.

## XII. Сведения о группах строительных конструкций в зависимости от факторов, определяющих скорость деградации прочностных характеристик

---

137. В зависимости от факторов, влияющих на скорость деградации прочностных характеристик конструкций (химических, физических, механических, геометрических) рекомендуется формировать перечень определяющих параметров для СК. Список групп СК и перечень контролируемых определяющих параметров конструкций в зависимости от этих факторов приведен в приложении № 11 к настоящему Руководству по безопасности.

### XIII. Алгоритм определения остаточного ресурса зданий, сооружений и строительных конструкций объектов использования атомной энергии в зависимости от факторов, определяющих скорость деградации прочностных характеристик

138. Основные этапы процесса определения остаточного ресурса ОИАЭ показаны на структурной схеме (рис. 1).



Рис. 1. Алгоритм оценки остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии

## Приложение № 1

---

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502.

### Список сокращений

*ЗиС* — здания и сооружения

*КИА* — контрольно-измерительная аппаратура

*НУЭ* — нормальные условия эксплуатации

*ОИАЭ* — объекты использования атомной энергии

*СК* — строительные конструкции

*СНиП* — строительные нормы и правила

*СП* — свод правил.

## Приложение № 2

---

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502.

### Термины и определения

*Аварийное состояние СК* — категория технического состояния СК или ЗиС в целом, включая состояние грунтов основания, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения и (или) характеризующаяся кренами, которые могут вызвать потерю устойчивости объекта.

*Вторая группа предельных состояний СК* — состояния, при превышении которых нарушается нормальная эксплуатация СК ЗиС, исчерпывается ресурс их долговечности или нарушаются условия комфортности.

*Деформация СК ЗиС* — изменение формы и размеров, а также потеря устойчивости (осадка, сдвиг, крен) СК ЗиС под влиянием нагрузок и воздействий окружающей среды.

*Динамические характеристики СК* — частоты, формы и параметры затухания собственных колебаний, амплитудно-частотные характеристики.

*Динамический мониторинг СК* — систематический контроль динамических характеристик СК, осуществляемый с целью принятия решения по условиям их дальнейшей эксплуатации.

*Категории технического состояния СК* — степень эксплуатационной пригодности несущей СК или ЗиС в целом, а также грунтов их основания, установленная в зависимости от доли снижения несущей способности и эксплуатационных характеристик.

*Конструкции несущие* — конструкции, воспринимающие нагрузки и воздействия окружающей среды и обеспечивающие прочность, жесткость и устойчивость СК ЗиС.

*Конструкции ограждающие* — СК, предназначенные для изоляции внутренних объемов в ЗиС от внешней среды или между собой с учетом нормативных требований по прочности, теплоизоляции, гидроизоляции, пароизоляции, воздухопроницаемости, звукоизоляции, светопрозрачности.

*Несущая способность* — способность конструкции выполнять требуемые (проектной и нормативной документацией) функции в заданных режимах и условиях применения.

*Ограниченно работоспособное техническое состояние СК* — категория технического состояния СК или ЗиС в целом, включая состояние грунтов основания, при которой имеются крены, дефекты и повреждения, приведшие к снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения, потери устойчивости или опрокидывания, и функционирование СК и эксплуатация ЗиС возможны либо при контроле (мониторинге) технического состояния, либо при проведении необходимых мероприятий по восстановлению или усилению конструкций и (или) грунтов основания и последующем мониторинге технического состояния (при необходимости).

*Остаточный ресурс СК* — суммарная наработка объекта от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние.

*Остаточный срок службы сооружения* — календарная продолжительность эксплуатации сооружения от момента контроля его технического состояния до перехода в предельное состояние, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

*Оценка технического состояния СК* — установление степени повреждения и категории технического состояния СК или ЗиС в целом, включая состояние грунтов основания, на основе сопоставления фактических значений количественно оцениваемых признаков со значениями этих же признаков, установленных проектом или нормативным документом.

*Первая группа предельных состояний* — состояния строительных объектов, превышение которых ведет к потере несущей способности СК и возникновению аварийной расчетной ситуации.

*Поверочный расчет* — расчет существующей конструкции по действующим нормам проектирования с введением в расчет полученных в результате обследования или по проектной и исполнительной документации геометрических параметров конструкции, фактической прочности строительных материалов, действующих нагрузок, уточненной расчетной схемы с учетом имеющихся дефектов и повреждений.

*Предел прочности* — механическая характеристика материалов, выражающая условное напряжение, соответствующее наибольшей нагрузке, предшествующей разрушению.

*Работоспособное техническое состояние СК* — категория технического состояния конструкций, при которой некоторые из числа оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта и норм, но имеющиеся нарушения требований в конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, и необходимая несущая способность конструкций и грунтов основания с учетом влияния имеющихся дефектов и повреждений обеспечивается.

*Специализированная организация* — организация, привлекаемая к проведению работ по оценке остаточного ресурса СК, имеющая лицензию Ростехнадзора на проведение данного вида работ.

*Техническое состояние конструкций* — совокупность подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств элемента (объекта в целом), характеризующаяся в определенный момент времени признаками, установленными технической документацией и (или) по результатам работ по управлению надежностью (ресурсом) элементов.

## Приложение № 3

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502

### Рекомендации по оценке технического состояния несущих бетонных и железобетонных конструкций по внешним признакам

Категория технического состояния	Признаки силовых воздействий и воздействия внешней среды на конструкцию	Оценка технического состояния
1	2	3
1 — нормативное	Волосные трещины (до 0,1мм). На поверхности бетона незащищенных конструкций видимых дефектов и повреждений нет или имеются отдельные раковины, выбоины. Антикоррозионная защита конструкций и закладных деталей не нарушена, поверхность арматуры при вскрытии чистая. Глубина нейтрализации бетона не превышает половины толщины защитного слоя. Ориентировочная прочность бетона не ниже проектной. Цвет бетона не изменен. Величина прогибов и ширина раскрытия трещин не превышает допустимую по нормам	1 — нормативное
2 — работоспособное	Трещины в растянутой зоне бетона не превышают 0,3 мм. На отдельных участках с малой толщиной защитного слоя проступают следы коррозии распределительной арматуры или хомутов, коррозия рабочей арматуры отдельными точками и пятнами; глубоких язв и пластинок ржавчины нет. Глубина нейтрализации бетона не превышает толщины защитного слоя. Изменен цвет бетона вследствие пересушивания, местами отслоение защитного слоя бетона при простукивании. Шелушение граней и ребер конструкций, подвергшихся замораживанию. Ориентировочная прочность бетона ниже проектной не более чем на 10 %	Несущая способность конструкций обеспечена. Обеспечиваются НУЭ. Требуется текущий ремонт с устранением локальных повреждений без усиления конструкций. Защитные свойства бетона по отношению к арматуре на отдельных участках истощены; требуется их восстановление, устройство или восстановление антикоррозионной защиты
3 — ограниченно работоспособное	Трещины в растянутой зоне бетона до 0,5 мм. Продольные трещины в бетоне вдоль арматурных стержней от коррозии арматуры. Провисание отдельных стержней распределительной арматуры, выпучивание хомутов, разрыв отдельных из них. Уменьшенная против требований норм и проекта площадь опирания	Существующие повреждения свидетельствуют об ограничении работоспособности и снижении несущей способности конструкции. Нарушены требования действующих норм, но отсутствует опасность обрушения и угроза безопасности работников. Требуется усиление и

Категория технического состояния	Признаки силовых воздействий и воздействия внешней среды на конструкцию	Оценка технического состояния
	<p>сборных элементов при коэффициенте запаса <math>K_s &gt; 1,6</math>. Коррозия арматуры до 10 % площади стержней. Бетон в растянутой зоне на глубине защитного слоя между стержнями арматуры легко крошится. Снижение прочности бетона до 20 %</p>	<p>восстановление несущей способности конструкций</p>
4 — аварийное	<p>Ширина раскрытия нормальных трещин в балках более 0,5 мм при протяженности трещин более 3/4 их высоты. Косые трещины, пересекающие опорную зону и зону анкеровки растянутой арматуры балок. Сквозные наклонные трещины в сжатых элементах. Хлопающие трещины в конструкциях, испытывающих знакопеременные воздействия. Прогибы изгибаемых элементов более 1/50 пролета при наличии трещин в растянутой зоне более 0,5 мм. Потеря общей устойчивости балок или сжатых элементов. Разрыв отдельных стержней рабочей арматуры в растянутой зоне, выпучивание арматуры в сжатой зоне; раздробление бетона и выкрашивание заполнителя в сжатой зоне. Оголение всего диаметра арматуры стержня. Коррозия арматуры более 10 % сечения; деформация закладных и соединительных элементов; расстройство стыков сборных элементов с взаимным смещением. Уменьшенная против требований норм и проекта площадь опирания сборных элементов <math>K_s &lt; 1,6</math>. Отходы анкеров от пластин закладных деталей из-за коррозии стали в сварных швах или других причин. Снижение прочности бетона более чем на 20 %</p>	<p>Повреждения и деформации свидетельствуют об исчерпании несущей способности и опасности обрушения конструкций (необходимо проведение срочных противоаварийных мероприятий). Требуется немедленная разгрузка конструкции и устройство временных креплений. Ремонт проводится с заменой аварийных конструкций</p>



## Приложение № 4

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502.

### Рекомендации по оценке технического состояния несущих металлических конструкций по внешним признакам

Категория технического состояния	Признаки силовых воздействий и воздействия внешней среды на конструкцию	Оценка технического состояния
1	2	3
1 — нормативное	Нет	Необходимости в ремонтных работах нет
2 — работоспособное	Признаков силовых воздействий на конструкции нет. Местами разрушено антикоррозионное покрытие, на отдельных участках коррозия облесшими пятнами с поражением до 5 % сечения. Местные погнутости от ударов транспортных средств и другие повреждения, приводящие к ослаблению сечения до 5 %	Несущая способность конструкций обеспечена. Обеспечиваются НУЭ. Требуется текущий ремонт с устранением локальных повреждений без усиления конструкций
3 — ограниченно работоспособное	Прогибы изгибаемых элементов превышают 1/150 пролета. Пластинчатая ржавчина с уменьшением площади сечения несущих элементов до 15 %. Местные погнутости от ударов транспортных средств и другие механические повреждения, приводящие к ослаблению сечения до 15 % Погнутости узловых фасонок ферм	Существующие повреждения свидетельствуют об ограничении работоспособности и снижении несущей способности конструкций. Нарушены требования действующих норм, но отсутствует опасность обрушения и угроза безопасности работников. Требуется усиление и восстановление несущей способности конструкций
4 — аварийное	Прогибы изгибаемых элементов более 1/75 пролета. Потеря общей устойчивости балок или сжатие элементов. Разрыв отдельных растянутых элементов ферм. Наличие трещин в основном материале элементов. Отклонения ферм от вертикальной плоскости более чем на 15 мм. Коррозия с уменьшением расчетного сечения и несущих элементов более чем на 25 %. Расстройство стыков со взаимным смещением опор	Повреждения и деформации свидетельствуют об исчерпании несущей способности и опасности обрушения конструкций (необходимо проведение срочных противоаварийных мероприятий). Требуется немедленная разгрузка конструкции и устройство временных креплений. Ремонт проводится с заменой аварийных конструкций

## Приложение № 5

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502.

### Рекомендации по оценке технического состояния несущих каменных конструкций по внешним признакам

Категория технического состояния	Признаки силовых воздействий и воздействия внешней среды на конструкцию	Оценка технического состояния
1	2	3
1 — нормативное	Трещины в отдельных кирпичах, не пересекающие растворные швы	Необходимости в ремонтных работах нет
2 — работоспособное	Волосные трещины, пересекающие не более двух рядов кладки (длиной 15–18 см). Выветривание раствора швов на глубину до 1 см	Требуется текущий ремонт с устранением локальных повреждений без усиления конструкций. Несущая способность конструкций обеспечена
3 — ограниченно работоспособное	Волосные трещины при пересечении не более четырех рядов кладки при числе трещин не более четырех на 1 м ширины (толщины) стены, столба или простенка. Вертикальные и косые трещины (независимо от величины раскрытия), пересекающие не более двух рядов кладки. Размораживание и выветривание кладки, отслоение облицовки на вертикальные и косые трещины в несущих стенах на высоту не более четырех рядов кладки	Существующие повреждения свидетельствуют об ограничении работоспособности и снижении несущей способности конструкции. Нарушены требования действующих норм, но отсутствует опасность обрушения и угроза безопасности работников. Требуется усиление и восстановление несущей способности конструкций
4 — аварийное	Вертикальные и косые трещины в несущих стенах и столбах на всю высоту конструкций. Отрыв продольных стен от поперечных в местах их пересечения, разрывы или выдергивания стальных связей и анкеров, крепящих стены к колоннам и перекрытиям. Повреждение кладки под опорами ферм, балок и перемычек в виде трещин, раздробления камня или смещения рядов кладки по горизонтальным швам на глубину более чем на 2 см; образование вертикальных или косых трещин, пересекающих более трех рядов кладки в месте примыкания пилястры к стене. Ширина раскрытия трещин в кладке от неравномерной осадки здания достигает 50 мм и более, отклонение от вертикали на величину более 1/50 высоты конструкции. Размораживание и выветривание кладки на глубину до 40 % толщины. Наклоны и выпучивание стен в пределах этажа на 1/6 их толщины и более, смещение (сдвиг) стен, столбов и фундаментов по горизонтальным швам. Смещение плит перекрытий на опорах более 1/5	Существующие повреждения свидетельствуют о возможности обрушения конструкций. Требуется немедленная разгрузка конструкции и устройство временных креплений, стоек, подпорок, ограждение опасной зоны. Ремонт проводится с заменой аварийных конструкций

Категория технического состояния	Признаки силовых воздействий и воздействия внешней среды на конструкцию	Оценка технического состояния
	глубины заделки и выветривание кладки на глубину каменных конструкций	

## Приложение № 6

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502.

### Оценка категорий технического состояния строительных конструкций ЗИС

Категория технического состояния	Описание технического состояния	Относительная надежность
1 — нормативное	Отсутствуют видимые повреждения. Выполняются все требования действующих норм и проектной документации. Необходимости в ремонтных работах нет	1
2 — работоспособное	Несущая способность конструкций обеспечена, требования норм по предельным состояниям второй группы и долговечности могут быть нарушены, но обеспечиваются НУЭ. Требуется устройство антикоррозионного покрытия, устранение мелких повреждений	0,95
3 — ограниченно работоспособное	Существующие повреждения свидетельствуют о снижении несущей способности. Для продолжения нормальной эксплуатации требуется ремонт по устранению дефектов поврежденных конструкций	0,85
4 — аварийное	Существующие повреждения свидетельствуют о возможности обрушения конструкций. Требуется немедленная разгрузка конструкции и устройство временных креплений, стоек, подпорок, ограждений опасной зоны. Ремонт в основном проводится с заменой аварийных конструкций	0,7

## Приложение № 7

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502.

### Рекомендации по оценке остаточного ресурса зданий, сооружений и строительных конструкций объектов использования атомной энергии

Оценка остаточного ресурса может определяться через общую оценку поврежденности ЗиС по формуле (1):

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i}, \quad (1)$$

где:

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$  — максимальные повреждения отдельных видов конструкций;

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$  — коэффициенты значимости отдельных видов конструкций.

При оценке величин повреждений рекомендуется учитывать их максимальную величину, так как авария ЗиС обычно происходит из-за наличия критического дефекта в отдельно взятой конструкции.

Коэффициенты значимости конструкций устанавливаются на основании экспертных оценок, учитывающих социально-экономические последствия разрушения отдельных видов конструкций, характера разрушения (разрушение с предварительным оповещением посредством развития пластических деформаций или мгновенное хрупкое разрушение).

Относительная оценка надежности ЗиС определяется по формуле (2):

$$y = 1 - \varepsilon. \quad (2)$$

Величина повреждения СК через  $t$  лет ее эксплуатации определяется по формуле (3):

$$\varepsilon = 1 - e^{-\lambda t}, \quad (3)$$

где:

$\lambda = \frac{-\ln y}{t \phi}$  — постоянная износа, определяемая по данным обследования на основании изменения несущей способности в момент обследования;

$y$  — относительная надежность, определяемая по категории технического состояния конструкции в зависимости от повреждений;

$t\phi$  — срок эксплуатации в годах на момент обследования.

Срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта в годах определяется по формуле (4):

$$t = \frac{0,16}{\lambda}. \quad (4)$$

Срок службы здания с начала эксплуатации до аварийного состояния в годах определяется по формуле (5):

$$t = \frac{0,22}{\lambda}. \quad (5)$$

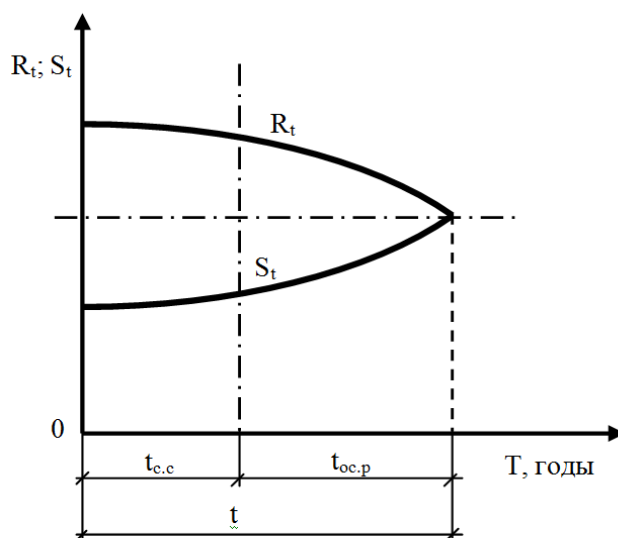
## Приложение № 8

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502.

### Рекомендации по оценке остаточного ресурса строительных конструкций ЗиС по изменению прочностных свойств бетона во времени

Остаточный ресурс железобетонных конструкций определяется по изменению прочностных свойств бетона во времени ( $R = f(R_0, t)$ ), которое характеризуется двумя разнонаправленными факторами: набором прочности бетона со временем и влиянием факторов деградации бетона.

Остаточный ресурс (время достижения предельного состояния) железобетонных конструкций, ЗиС определяется из совместного решения уравнений функции, характеризующей способность конструкции сопротивляться нагрузке (несущая способность) ( $R_t$ ) и функции нагрузки ( $S_t$ ), которые приведены на рисунке ниже.



0 – начало эксплуатации  
 t – срок службы  
 $t_{с.с}$  – проектный срок службы  
 $t_{ос.р}$  – остаточный ресурс

Рис. Несущая способность и нагрузка

Остаточный ресурс СК ЗиС определяется для двух возможных состояний:

*Первое состояние* — фактическая величина определяющего параметра «прочность» ниже проектного, а фактические величины определяющих параметров («трещиностойкость» и «деформативность») и нагрузок превышают проектные;

*Второе состояние* — фактическая величина параметра «прочность» равна или выше проектного, а фактические величины определяющих параметров («трещиностойкость» и «деформативность») и нагрузки равны или ниже проектных.

Для первого состояния остаточный ресурс рекомендуется определять на основе поверочных прочностных расчетов конструкции (сооружения) с учетом фактических величин определяющих параметров и действующих нагрузок.

Поверочные расчеты проводятся с учетом изменения прочностных характеристик бетона во времени, а также с учетом уменьшения площади сечения арматуры за счет ее коррозии, если она установлена результатами обследования. В случае если устранение причин, вызвавших коррозию, не представляется возможным, расчеты рекомендуется проводить с учетом динамики ее развития во времени.

Для второго состояния остаточный ресурс определяется только с учетом изменения прочностных характеристик бетона во времени. В случае необходимости выполняются поверочные прочностные расчеты конструкций (сооружения) на проектные нагрузки.

Прогноз изменения прочностных свойств бетона во времени рекомендуется производить путем аппроксимации значений, полученных по результатам проводимых исследований по оценке технического состояния СК (в ходе проведения обследования) и систематических (регламентных) обследований, а также анализа архивных данных, содержащих информацию о первоначальной прочности бетона.

Изменение прочности бетона конструкций во времени зависит от начальной прочности бетона, начальных условий твердения бетона, температурно-влажностных условий эксплуатации, наличия агрессивных воздействий на конструкции, степени карбонизации бетона, интенсивности фильтрации воды через тело бетона конструкции и ряда других факторов.

Длительная прочность бетона определяется по формуле:

$$R(t) = R_0 * (1 + \alpha * \lg t) - k_R * (t - t_0),$$

где:

$R_0$  — прочность бетона в возрасте одного года;

$t_0$  и  $t$  — возраст бетона в годах;

$\alpha$  — коэффициент, характеризующий интенсивность прироста прочности бетона со временем и зависящий от состава бетонной смеси, условий хранения образцов и других факторов;

$k_R$  — коэффициент интенсивности снижения прочности бетона вследствие деструктивных процессов.

Остаточный ресурс СК ( $T_{oc}$ ) определяется от момента времени проводимого обследования ( $T_0$ ) до момента времени достижения бетоном предельно допустимой прочности.



## Приложение № 9

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502.

### Рекомендации по расчету остаточного ресурса по статической прочности строительных конструкций ЗИС

Остаточный ресурс рекомендуется определять по критерию предельного состояния — допустимому напряжению, который составляет:

$$T_K(T_э) = \frac{\sigma_B(t) - [\sigma]}{\alpha_\sigma}, \quad (1)$$

где:

$\sigma_B(t)$  — предел прочности на момент проведения обследования;

$[\sigma]$  — предел прочности по расчету;

$\alpha_\sigma$  — скорость снижения механических свойств.

Скорость снижения механических свойств:

$$\alpha_\sigma = \frac{\sigma_B - \sigma_B(t)}{t}, \quad (2)$$

где:

$\sigma_B$  — нормативный предел прочности;

$t$  — время от начала эксплуатации до момента проведения обследования.

Расчет остаточного ресурса по коррозионному износу конструкций

Остаточный ресурс конструкций здания, подвергшихся коррозии, определяется по формуле:

$$T_K = \frac{S_\Phi - S_P}{\alpha}, \quad (3)$$

где:

$S_\Phi$  — фактическая минимальная толщина стенки элемента, мм;

$S_P$  — расчетная величина стенки элемента, мм;

$\alpha$  — скорость равномерной коррозии, мм/год.

Скорость равномерной коррозии  $\alpha$  определяется следующим образом:

$$\alpha = \frac{S_u - S_\Phi}{t}, \quad (4)$$

где:

$S_u$  — исполнительная толщина стенки элемента, мм;

$t$  — время от момента начала эксплуатации до момента проведения обследования, лет.

Расчет остаточного ресурса по усталости конструкций

Ресурс циклической работоспособности определяется по формуле:

$$T_{\text{Ц}} = \frac{T_{\text{Э}} \cdot [N]}{N_{\text{Э}}}, \quad (5)$$

где:

$T_{\text{Э}}$  — время эксплуатации с момента начала эксплуатации, лет;

$[N]$  — допустимое количество циклов нагружения;

$N_{\text{Э}}$  — количество циклов нагружения за период эксплуатации.

Ресурс остаточной работоспособности определяется по формуле:

$$T_{\text{ост(Ц)}} = T_{\text{Ц}} - T_{\text{Э}} \cdot (6)$$

## Приложение № 10

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502.

### Периодичность обследований и наблюдений

Тип наблюдений и обследования	Уровень ответственности за радиационную и ядерную безопасность — категории по Пин АЭ-5.6		
	I	II	III
1. Инструментальное наблюдение за осадками ЗИС:			
в первый год эксплуатации;	4 раза в год	4 раза в год	1 раз в год
до стабилизации осадок;	3 раза в год	2 раза в год	1 раз в год
после стабилизации осадок	1 раз в год	1 раз в 2 года	1 раз в 5 лет
2. Плановое периодическое обследование	1 раз в 4 года	1 раз в 4 года	Не реже 1 раза в 10 лет
3. Специализированное обследование технического состояния СК ЗИС ОИАЭ	Сроки проведения специализированных обследований назначаются индивидуально в зависимости от поставленных целей при наличии соответствующего обоснования в эксплуатационной документации (Техническое обоснование безопасности, Отчет по углубленной оценке безопасности, инструкция по эксплуатации ЗИС) и согласования с Генеральным проектировщиком объекта		

Примечание. Окончательная периодичность проведения работ устанавливается в инструкции по эксплуатации в зависимости от состояния СК ЗИС, а также уровня и полноты информационной базы.

## Приложение № 11

к руководству по безопасности при использовании атомной энергии «Рекомендации к обоснованию остаточного ресурса строительных конструкций объектов использования атомной энергии», утвержденному приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от «7» декабря 2020 г. № 502.

### Список групп строительных конструкций и перечень контролируемых определяющих параметров в зависимости от факторов, влияющих на деградацию прочностных характеристик

Группы строительных конструкций	Факторы, влияющие на скорость деградации конструкций	Определяющие параметры				
		Фундаменты и их основания	Железобетонные конструкции	Система преднапряжения железобетона	Металлические конструкции	Кирпичные конструкции
Фундаменты, конструкции бассейна выдержки, ограждающие конструкции, несущие конструкции помещений с агрессивными средами, опорная консоль полярного крана, венттруба	Химические (агрессивные среды, влажность, газовая среда, грунтовые воды)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- наличие и состояние гидроизоляции;</li> <li>- прочность и водонепроницаемость бетона;</li> <li>- количество арматуры, ее площадь и профиль;</li> <li>- толщина защитного слоя бетона;</li> <li>- степень и глубина коррозии бетона (карбонизация, сульфатизация, проникание хлоридов);</li> <li>- прочность материалов каменной кладки;</li> <li>- степень коррозии стальных элементов сварных швов;</li> <li>- необходимые характеристики грунтов, уровень подземных вод и их химический состав (если эти сведения отсутствуют в</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- физико-механические свойства бетона (в том числе водонепроницаемость);</li> <li>- состояние защитных покрытий;</li> <li>- состояние герметизирующей облицовки (при наличии);</li> <li>- состояние арматуры;</li> <li>- толщина защитного слоя;</li> <li>- признаки нарушения сцепления арматуры с бетоном;</li> <li>- степень коррозии бетона и арматуры (при наличии);</li> <li>- состояние анкеровки продольной и поперечной арматуры;</li> <li>- глубина карбонизации защитного слоя бетона</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- прочностные свойства металла, элементов преднапряжения (проволок и канатов);</li> <li>- состояние анкерных устройств</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- толщина металла элементов металлических конструкций;</li> <li>- состояние сварных, заклепочных и болтовых соединений;</li> <li>- наличие, степень и характер коррозии элементов и соединений;</li> <li>- прочностные характеристики стали согласно СП 16.13330.2017;</li> <li>- состояние узлов сопряжения металлоконструкций и их соответствие проектным решениям</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- состояние арматуры (при наличии);</li> <li>- прочность кирпича и раствора;</li> <li>- глубина выветривания раствора швов;</li> <li>- глубина отслоения облицовки кладки</li> </ul>

Группы строительных конструкций	Факторы, влияющие на скорость деградации конструкций	Определяющие параметры				
		Фундаменты и их основания	Железобетонные конструкции	Система преднапряжения железобетона	Металлические конструкции	Кирпичные конструкции
		инженерно-геологических данных)				
Шахта реактора, ограждающие конструкции, конструкции помещений, находящихся в условиях высоких температур	Физические (замораживание и оттаивание, температура, радиационное воздействие)		- физико-механические свойства бетона; - температура бетона (при наличии эксплуатационных температурных воздействий)	- прочностные свойства металла элементов преднапряжения (проволок и канатов); - усилия натяжения напрягаемых арматурных элементов на натяжных концах	- состояние сварных, заклепочных и болтовых соединений; - прочностные характеристики стали согласно СП 16.13330.2017; состояние узлов сопряжения металлоконструкций и их соответствие проектным решениям	- прочность кирпича и раствора
Фундаменты, фундамент турбоагрегата, предварительно напряженная защитная оболочка, несущие конструкции (стены, колонны, балки, плиты перекрытия и покрытия), опорная консоль полярного крана	Механические (перемещения и деформации, циклические нагрузки, удары, вибрация)	- наклоны, перекосы и сдвиги элементов конструкций; - деформации основания; - осадки, крены, прогибы и кривизна фундаментов	- перемещения, деформации, прогибы, крены, углы наклона СК; - состояние герметизирующей облицовки (при наличии)	- первичные потери преднапряжения; - вторичные потери от трения в каналах, ползучести и усадки бетона, релаксации напряжений в арматуре	- прогибы, деформации и смещения металлоконструкций и их элементов; - состояние узлов сопряжения металлоконструкций и их соответствие проектным решениям	- наклоны, выпучивание, деформации стен; - смещение плит перекрытий на опорах; - смещение, сдвиг стен, столбов и фундаментов по горизонтальным швам
Все конструкции	Геометрические (тип, форма, размеры конструкций, а также дефекты и повреждения)	- типы фундаментов, их форма в плане, размер, глубина заложения, усиления фундаментов и закрепления оснований; - повреждения фундаментов	- фактические геометрические размеры сечений конструкций при сопоставлении их с проектными параметрами; - соответствие фактической и расчетной статической схемы работы конструкций; - наличие трещин, отколов и разрушений; - месторасположение, характер и ширина раскрытия трещин; - в протяженных конструкциях;	- целостность арматурных напрягаемых элементов	- наличие отклонений фактических размеров поперечных сечений стальных элементов от проектных; - наличие дефектов и механических повреждений; - местная устойчивость конструкций (выпучивание стенок и поясов балок и колонн);	- пустоты в кладке; - месторасположение, характер, количество пересечений рядов кладки и ширина раскрытия трещин; - состояние кладки под опорами ферм, балок и перемычек

Группы строительных конструкций	Факторы, влияющие на скорость деградации конструкций	Определяющие параметры				
		Фундаменты и их основания	Железобетонные конструкции	Система преднапряжения железобетона	Металлические конструкции	Кирпичные конструкции
			- расстояние между трещинами одинаковой направленности; - наличие разрывов арматуры		- наличие отклонений элементов от проектного положения	